

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
4. März 2004 (04.03.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/018968 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: G01C 3/06,
G01S 17/32

[DE/DE]; Beethovenstrasse 36, 71111 Waldenbuch (DE).
WOLF, Peter [DE/DE]; Sandweg 23, 70771 Leinfelden-Echterdingen (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/001523

(74) Gemeinsamer Vertreter: ROBERT BOSCH GMBH;
Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
12. Mai 2003 (12.05.2003)

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): JP, KR, US.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 35 562.2 3. August 2002 (03.08.2002) DE

Veröffentlicht:
— mit internationalem Recherchenbericht

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

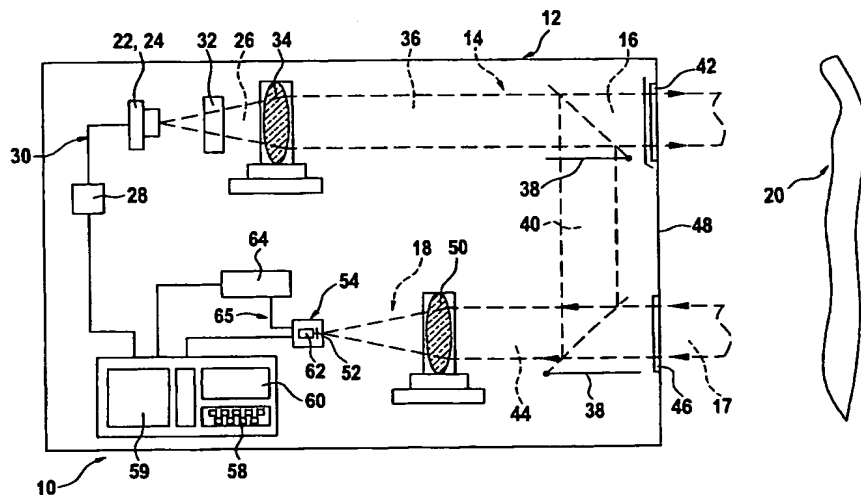
Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): STIERLE, Joerg

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR OPTICALLY MEASURING DISTANCE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR OPTISCHEN DISTANZMESSUNG



(57) Abstract: The invention relates to a method for optically measuring distance. According to said method: a transmitter of a transmitter branch (14) that is integrated into a measuring device (10) emits a modulated measurement beam (16, 36) towards a target object (20), the measurement beam (17, 44) reflected or scattered by the target object (20) is detected by a measurement receiver (54) integrated into the measuring device (10) and is converted into a signal in low-frequency range by means of a frequency mixing process. According to the invention, a measuring diode (62), whose cathode and anode voltage are modulated at high-frequency to generate a mixing signal, is used to detect and convert the frequency of the returned measuring signal (17, 44). The invention also relates to a device (10) for carrying out the inventive method.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur optischen Distanzmessung, bei dem ein Sender eines in einem Messgerät (10) integrierten Sendeastes (14) eine modulierte Messstrahlung (16,36) in Richtung auf ein Zielobjekt (20) aussendet, die vom Zielobjekt (20) reflektierte oder gestreute Messstrahlung (17, 44) von einem im Messgerät (10) integrierten Messempfänger (54) detektiert wird und durch einen Frequenzmischprozess in einen niederfrequenten Frequenzbereich transformiert wird. Erfindungsgemäss wird vorgeschlagen, dass zur Detektion und Frequenztransformation des rücklaufenden Messsignals (17,44) eine Messdiode (62) genutzt wird, deren Kathoden- als auch Anodenspannung zur Erzeugung eines Mischsignals hochfrequent moduliert wird. Des Weiteren wird eine Vorrichtung (10) zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens vorgeschlagen.

Verfahren und Vorrichtung zur optischen Distanzmessung

Die vorliegende Erfindung geht aus von einem Verfahren zur optischen Distanzmessung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bzw. von einer Vorrichtung zur Durchführung eines solchen Verfahrens nach dem Oberbegriff des Anspruchs 4.

Stand der Technik

Entfernungsmessgeräte und insbesondere optoelektronische Entfernungsmessgeräte als solche sind seit längerer Zeit bekannt. Diese Geräte senden einen modulierten Messstrahl, beispielsweise einen Licht- beziehungsweise Laserstrahl aus, der auf ein gewünschtes Zielobjekt, dessen Abstand zum Gerät zu ermitteln ist, ausgerichtet wird. Das von dem angepeilten Zielobjekt reflektierte oder gestreute, rücklaufende Messsignal wird von einem Sensor des Gerätes zumindest teilweise wieder detektiert und zur Ermittlung des gesuchten Abstandes verwendet.

Bei den bekannten Geräten dieser Art unterscheidet man sogenannte Phasenmessverfahren und reine Laufzeitmessverfahren zur Bestimmung eines gesuchten Abstandes zum Zielobjekt. Bei den Laufzeitmessverfahren wird ein Lichtimpuls möglichst kurzer Impulsdauer von dem Messgerät ausgesandt und anschließend dessen Laufzeit zum Zielobjekt und wieder zurück ins Messgerät ermittelt. Mit dem bekannten Wert der Lichtgeschwindigkeit lässt sich aus der Laufzeit die Entfernung des Messgerätes zum Zielobjekt errechnen.

Bei den Phasenmessverfahren hingegen wird die Variation der Phase des Messsignals in Abhängigkeit von der durchlaufenen Strecke zur Bestimmung des Abstandes zwischen dem Messgerät und dem Zielobjekt ausgenutzt. Aus der Größe der dem rücklaufenden Messsignal aufgeprägten Phasenverschiebung im Vergleich zur Phase des ausgesendeten Messsignals lässt sich die vom Messsignal durchlaufene Strecke und somit der Abstand des Messgerätes zum Zielobjekt bestimmen.

Der Anwendungsbereich der Entfernungsmessgeräte umfasst im Allgemeinen Entfernungen im Bereich von einigen wenigen Zentimetern bis zum mehreren hundert Metern. Derartige Messgeräte werden mittlerweile in kompakten Ausführungen

kommerziell vertrieben und erlauben dem gewerblichen oder privaten Anwender einen einfachen, beispielsweise auch handgehaltenen Betrieb.

5 Um eine hohe Messgenauigkeit mit diesen Geräten zu erzielen, ist es bekannt, die verwendete Modulationsfrequenz möglichst groß zu wählen. Da jedoch eine Eindeutigkeit der Phasenmessung nur für einen Phasenwinkel zwischen 0 und 360° gegeben ist, ist es üblich und beispielsweise auch aus der DE 43 03 804 A1 bekannt, eine hohe Modulationsfrequenz des Sendelichtstrahls mit wenigstens einer weiteren, wesentlich geringeren Modulationsfrequenz des Sendelichtstrahls abzuwechseln, um
10 somit einen Messbereich, der über den Phasenwinkelbereich von 0 bis 360° der hohen Modulationsfrequenz hinausgeht, zu erreichen.

15 Ferner ist es bekannt, zur genaueren Ermittlung einer Phasendifferenz zwischen dem ausgesandten und dem empfangenen Messsignal das zu analysierende Signal auf eine deutlich kleinere Frequenz, beispielsweise durch einen Frequenzmischprozess, zu transformieren. Durch diesen Mischprozess ergibt sich ein niederfrequentes Messsignal, welches weiterhin Träger der Grundinformation, nämlich der Phasenverschiebung zwischen dem ausgesandten und dem empfangenen Signal ist, welches aber aufgrund seiner deutlich reduzierten Frequenz wesentlich einfacher weiterzuverarbeiten und
20 genauer auszuwerten ist.

Um ein „Heruntermischen“ der Messfrequenz zu erreichen, ist bekannt, die Sende- bzw. Empfangssignale mit einem Signal zu mischen, dessen Frequenz lediglich soweit von der Messfrequenz verschoben ist, dass ein Mischergebnis im Niederfrequenzbereich liegt. In
25 diesen Niederfrequenzbereich kann dann problemlos durch eine entsprechende Schaltvorrichtung die gewünschte Phase gemessen werden. In vorteilhafter Weise kann für diesen Frequenzmischprozess beispielsweise auch die das rücklaufende Messsignal detektierende Diode genutzt werden.

30 Aus der DE 37 43 678 A1 ist ein optisches Rückstreumessgerät bekannt, welches einen optischen Sender aufweist, dessen Sendeleistung über ein Oszillator mit einer sich ändernden Frequenz moduliert werden kann. Der Sendestrahl des Rückstreumessgerätes der DE 37 43 678 A1 wird über einen Strahlteiler in den zu untersuchenden Lichtwellenleiter geleitet. Die aus dem Lichtwellenleiter zurück gestreuten Anteile des
35 Sendestrahls werden über den Strahlteiler einem als Foto-Diode ausgebildeten, optischen

Empfänger des optischen Rückstreumessgerätes zugeleitet. Zur Ermittlung des Rückstreu-Ortes und der Rückstreuintensität wird im Rückstreumessgerät der DE 37 43 678 A1 ein Mischsignal aus einem der optischen Rückstreuleistung proportionalen Signal und einer die Oszillatorfrequenz aufweisenden Modulationsspannung gebildet. Der Aufwand für den optischen Empfänger wird dabei dadurch verringert, dass die Foto-Diode eine Avalanche-Foto-Diode ist, deren Vorspannung eine mit der Modulationsspannung modulierte Gleichspannung ist. Das so generierte, niederfrequente Mischsignal wird an einer in den Erregerstromkreis der Foto-Diode geschalteten Parallelschaltung aus einem ohmschen Widerstand und einem Kondensator abgegriffen.

Aus der EP 0 932 835 B1 ist eine Vorrichtung zur Kalibrierung von Entfernungsmessgeräten bekannt, die einen Sender aufweist, welcher eine hochfrequent modulierte optische Strahlung emittiert und damit ein Messobjekt beleuchtet. Des Weiteren besteht die Vorrichtung der EP 0 932 835 B1 aus einem Messempfänger, der die vom Messobjekt reflektierte Strahlung detektiert und in ein elektrisches Signal umwandelt. Aus dem Senderstrahlengang des Entfernungsmessgerätes der EP 0 932 835 B1 wird permanent ein Teil der hochfrequent modulierten Senderstrahlung ausgekoppelt und über eine als Kalibrierstrecke dienende, interne Referenzstrecke direkt einem Referenzempfänger, beispielsweise einer PIN-Diode, zugeführt. Diese Diode ist mit einem Frequenzmischer verbunden. Der Frequenzmischer wiederum ist direkt mit einer als Messempfänger für die Messstrahlung eingesetzten Avalanche-Foto-Diode verbunden. In diese Verbindung wird ein hochfrequentes, elektrisches Signal als Mischerfrequenz eingekoppelt. Diese Mischerfrequenz wird über den Frequenzmischer mit dem hochfrequenten Modulationssignal der von dem Referenzempfänger empfangenen Referenzstrahlung gemischt, wodurch ein niederfrequentes Kalibriersignal entsteht. Andererseits wird die Mischerfrequenz mit dem hochfrequenten Modulationssignal der von der Avalanche-Foto-Diode empfangenen Messstrahlung gemischt, wodurch ein niederfrequentes Messsignal entsteht. Die Avalanche-Foto-Diode stellt somit in der Vorrichtung der EP 0 932 835 B1 einen sogenannten Direktmischer dar. Das niederfrequente Kalibrier- und das ebenfalls niederfrequente Messsignal werden anschließend in bekannter Weise der Phasenmessung zugeführt.

Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur optischen Distanzmessung gemäß dem Anspruch 4 weist einen Sendeast mit mindestens einem Sender zur Aussendung modulierten Messstrahlung in Richtung auf ein Zielobjekt auf. In vorteilhafter Weise ist dieser Sender in Form einer Laserdiode ausgebildet, sodass durch Modulation der der Laserdiode zugeführten Energieversorgung sich die gewünschte hochfrequente Modulation direkt auf das optische Signal aufprägen lässt. Desweiteren weist die erfindungsgemäße Vorrichtung einem Empfangsast auf, wobei der Messempfänger des Empfangsastes in Form einer direkt mischenden Avalanche-Foto-Diode ausgebildet ist. Diese Foto-Diode wandelt das einfallende optische Signal in ein entsprechendes elektrisches Signal gleicher Frequenz um.

Durch die Modulation der Verstärkung der Foto-Diode und insbesondere aufgrund der Nichtlinearität der den Fotostrom der Diode bestimmenden Verstärkung, weist das elektrische Ausgangssignal der Fotodiode auch ein Signal auf, dessen Frequenz gegeben ist durch die Differenz zwischen der Frequenz der Modulation des einfallenden optischen Messsignals und der Modulationsfrequenz der Verstärkung der Fotodiode. Bei einer solchen Direktmischung des Messsignales wird der an der Kathode der Diode anliegenden DC-Sperrspannung im Bereich von typischerweise 50 V bis 500 V eine frequenzmodulierte Keinsignalspannung überlagert. Diese modulierende Kleinsignalspannung ist typischerweise sinusförmig, kann jedoch auch andere Frequenzverläufe haben. Aufgrund dieser Modulation ist neben der Sperrspannung damit auch der Verstärkungsfaktor der Diode frequenzabhängig moduliert.

In vorteilhafter Weise ist bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur optischen Distanzmessung neben der Kathodenvorspannung U_K der Avalanche-Diode ($U_K = U_0 + u_K(t)$) zusätzlich auch eine an der Anode anliegende Spannung $U_A = u_A(t)$ moduliert. Auf diese Weise können damit Gleichtaktstörungen, die in gleicher Weise sowohl im Kathodenpfad als auch im Anodenpfad des Messempfängers auftreten reduziert bzw. ganz vermieden werden. Diese Gleichtaktstörungen werden nicht mehr in voller Stärke mitgemischt, da für das Mischen in der Diode lediglich das Differenzsignal zwischen Kathode und Anode zum Tragen kommt. So ist es beispielsweise möglich, Messwertverfälschungen, die sich durch entsprechende Gleichtaktstörungen einstellen, deutlich zu reduzieren.

Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen der in den unabhängigen Ansprüchen angegebenen Vorrichtung bzw. des beanspruchten entsprechenden Verfahrens möglich.

5

In vorteilhafter Weise weist die erfindungsgemäße Vorrichtung eine Schaltungsanordnung auf, mit der die als Messempfänger dienende Avalanche-Foto-Diode anodenseitig mit einer zeitabhängigen Anodenspannung $u_A(t)$ beaufschlagt werden kann, die dem invertierten Signal der modulierenden Kathodenspannung $u_K(t)$ entspricht.

10

In der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird somit sowohl die Anoden- als auch die Kathodenseite der Avalanche-Foto-Diode mit einer Spannung vom gleichen Betrag aber invertierter Polarität moduliert. Für das Mischen der Frequenz des Messsignals mit der Modulationsspannung der als Frequenzmischer genutzten Diode kommt lediglich das zeitabhängige Differenzsignal $U_D(t)$ zwischen Kathode und Anode der Diode zum Tragen. Für das Differenzsignal $U_D(t)$ ergibt sich somit:

15

$$U_D(t) = U_A(t) - U_K(t) = u_A(t) - u_K(t) = 2 u_A(t)$$

20

Gegenüber einer reinen Kathodenmodulation benötigt man bei dem erfindungsgemäßen Verfahren somit lediglich die halbe Modulationsamplitude, um ein Modulationssignal gewünschter Stärke zu erzeugen. Insbesondere im Bereich hoher Frequenzen ist dies vorteilhaft, da die Treiberleistung zur Erzeugung der Modulationsfrequenzen entsprechend reduziert werden kann. Darüber hinaus reduziert sich zudem auch die unvermeidliche Abstrahlung des Systems auf $\frac{1}{4}$ des Wertes, der sich bei alleiniger Kathodenmodulation des Messempfängers ergeben würde, da die Abstrahlung für elektrisch kurze Antennen quadratisch mit der Amplitude der Sendeleistung steigt.

25

30

In einer vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung stellt ein einzelner Modulator neben der modulierenden Kathodenspannung $u_K(t)$ auch die Anodenspannung $u_A(t)$ zur Verfügung. In dieser Ausführungsform ist es mit einfachen Mitteln möglich, die gewünschten Modulationen an der Avalanche-Foto-Diode zu erzeugen.

35

Die Foto-Diode wandelt das einfallende optische Signal in ein entsprechendes elektrisches Signal gleicher Frequenz um. Durch die Modulation der Verstärkung der

Foto-Diode weist das elektrische Ausgangssignal der Fotodiode auch ein Signal auf, dessen Frequenz gegeben ist durch die Differenz zwischen der Frequenz der Modulation des einfallenden optischen Signals und der Modulationsfrequenz für die Verstärkung der Fotodiode. In der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird neben der Kathodenvorspannung auch die Anodenvorspannung moduliert. Beim Prozess in der Foto-Diode kommt das Differenz-Signal zwischen der Kathoden- und der Anoden-Spannung zum Tragen.

Weitere Vorteile der erfindungsgemäßen Vorrichtung bzw. des erfindungsgemäßen Verfahrens ergeben sich aus den Zeichnungen und der zugehörigen Beschreibung.

Zeichnung:

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur optischen Distanzmessung dargestellt, welches in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert werden soll. Die Figuren der Zeichnung, deren Beschreibung sowie die auf die Erfindung gerichteten Ansprüche enthalten zahlreiche Merkmale in Kombination. Ein Fachmann wird diese Merkmale bzw. die darauf bezogenen Ansprüche auch einzeln betrachten und zu weiteren, sinnvollen Kombinationen und Ansprüchen zusammen fassen.

Es zeigen:

Figur 1: Eine Vorrichtung zur optischen Distanzmessung in einer vereinfachten, schematisierten Gesamtübersicht.

Figur 2: Eine Schaltungsanordnung zum Betrieb eines Messempfängers der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur optischen Distanzmessung.

In Figur 1 ist in schematischer Weise ein optisches Entfernungsmessgerät 10 mit den wichtigsten Komponenten zur Beschreibung seines prinzipiellen Aufbaus dargestellt. Die Vorrichtung 10 zur Entfernungsmessung weist ein Gehäuse 12 auf, in dem ein Sendeast 14 zur Erzeugung eines optischen Messsignals 16 sowie ein Empfangsast 18 zur Detektion des von einem Zielobjekt 20 rücklaufenden Messsignals 17 ausgebildet sind.

Der Sendeast 14 weist insbesondere, neben einer Reihe von nicht weiter dargestellten Komponenten, eine Lichtquelle 22 auf, die im Ausführungsbeispiel der Figur 1 durch eine Halbleiter-Laserdiode 24 realisiert ist. Die Verwendung anderer Lichtquellen im Sendeast 14 der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist ebenso möglich. Die Laserdiode 24 des Ausführungsbeispiels nach der Figur 1 sendet einen Laserstrahl in Form eines für das menschliche Auge sichtbaren Lichtbündels 26 aus. Dazu wird die Laserdiode 24 über ein Steuergerät 28 betrieben, welches durch eine entsprechende Elektronik eine Modulation des elektrischen Eingangssignals 30 auf die Diode 24 erzeugt. Das Steuergerät 28 wiederum erhält die benötigten Frequenzsignale zur Modulation der Laserdiode von einer Steuer- und Auswerteeinheit 58 des erfindungsgemäßen Messgerätes. In anderen Ausführungsbeispielen kann das Steuergerät 28 auch direkt integraler Bestandteil der Steuer- und Auswerteeinheit 58 sein.

Die Steuer- und Auswerteeinheit 58 umfasst eine Schaltungsanordnung 59, die unter anderem zumindest einen Quarzoszillator zur Bereitstellung der benötigten Frequenzsignale aufweist. Mit diesen Signalen, von denen typischerweise mehrere, mit unterschiedlichen Frequenzen während einer Entfernungsmessung genutzt werden, wird das optische Messsignal in bekannter Weise moduliert. Der prinzipielle Aufbau einer solchen Vorrichtung und das entsprechende Verfahren zur Erzeugung unterschiedlicher Messfrequenzen ist beispielsweise der DE 198 11 550 C2 zu entnehmen, so dass an dieser Stelle lediglich auf dieses Zitat verwiesen wird und der Inhalt der zitierten Schrift auch Inhalt dieser Anmeldung sein soll, im Rahmen der vorliegenden Beschreibung hierauf aber nicht näher eingegangen wird.

Das aus der Halbleiter-Diode 24 austretende, intensitätsmodulierte Lichtbündel 26 durchläuft eine erste Optik 32, die zu einer Verbesserung des Strahlprofils des Messstrahlbündels führt. Eine solche Optik ist heutzutage integraler Bestandteil einer Laserdiode. Das Messstrahlbündel 26 durchläuft anschließend ein Kollimationsobjektiv 34, welches ein nahezu paralleles Lichtstrahlenbündel 36 erzeugt, welches vom Gerät in Richtung auf ein zu vermessendes Zielobjekt 20 ausgesendet wird.

Im Sendeast 14 der erfindungsgemäßen Vorrichtung gemäß Figur 1 befindet sich zudem eine Vorrichtung 38 zur Erzeugung einer geräteinternen Referenzstrecke 40, mit der eine interne Kalibrierung des Messgerätes durchgeführt werden kann.

Das Messsignal 16 wird durch ein optisches Fenster 42 aus dem Gehäuse 12 der Vorrichtung 10 ausgekoppelt. Für den eigentlichen Messvorgang wird die Vorrichtung 10 auf das gewünschte Zielobjekt 20 ausgerichtet, dessen Entfernung zum Messgerät ermittelt werden soll. Durch Betätigung eines nicht weiter dargestellten Bedienelementes kann das optische Fenster 42 geöffnet werden, so dass das Messstrahlenbündel 36 auf das Zielobjekt 20 einfällt. Das an dem gewünschten Zielobjekt 20 reflektierte oder auch gestreute Signal 17 gelangt zu einem gewissen Teil durch ein Eintrittsfenster 46 wieder in das Gehäuse 12 der erfindungsgemäßen Vorrichtung 10. Die durch das Eintrittsfenster 46 in der Stirnseite 48 der Vorrichtung 10 eintreffende Messstrahlung bildet ein rücklaufendes Messstrahlenbündel 44, welches auf ein Empfangsobjektiv 50 gelenkt wird. Das Empfangsobjektiv 50 bündelt das rücklaufende Messstrahlenbündel 44 auf die aktive Fläche 52 einer Empfangseinrichtung 54.

Die Empfangseinrichtung 54 der erfindungsgemäßen Vorrichtung weist eine Foto-Diode 62 auf, die in bekannter Weise das einkommende Lichtsignal 17 in ein elektrisches Signal umwandelt, welches dann über entsprechende Verbindungsmittel 56 an eine Steuer- und Auswertereinheit 58 der Vorrichtung 10 weitergeleitet wird. Die Steuer- und Auswertereinheit 58 ermittelt aus dem rücklaufenden optischen Signal 17 und insbesondere aus der dem rücklaufenden Signal ausgeprägten Phasenverschiebung im Vergleich zum ursprünglich ausgesendeten Signal 16 die gesuchte Distanz zwischen der Vorrichtung 10 und dem Zielobjekt 20. Die ermittelte Distanz kann beispielsweise in einer optischen Anzeigevorrichtung 60 dem Benutzer des Gerätes mitgeteilt werden.

Die das rücklaufende Messstrahlenbündel 44 detektierende Empfangseinrichtung 54 weist eine Avalanche-Foto-Diode 62 auf, die in der erfindungsgemäßen Vorrichtung gleichzeitig als Element zur Frequenztransponierung genutzt wird. Wird die Vorspannung einer solchen Fotodiode, durch die die Verstärkung des erzeugten elektrischen Signals bestimmt wird, moduliert, so findet sich diese Variation, wie bereits beschrieben, auch auf dem elektrischen Ausgangssignal der Diode wieder.

Fällt auf die aktive Fläche 52 der Avalanche-Diode optische Messstrahlung mit der Modulationsfrequenz f_M ein und wird die Verstärkung der Diode durch Anlegen einer Wechselspannung $u_K(f_M + \Delta f)$ moduliert, so findet sich im elektrischen Ausgangssignal der Diode neben beispielsweise der Summenfrequenz dieser beiden Signale auch die Differenzfrequenz Δf der beiden Modulationsfrequenzen. Diese an sich bekannte

Tatsache wird dazu genutzt, das optische, hochfrequent modulierte Messsignal in den Bereich der Niederfrequenz (im Bereich bis zu einigen kHz) zu transformieren, so dass für die weitere Auswertung lediglich niederfrequente, leicht zu handhabende Signale zu verarbeiten sind. In der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird die Avalanche-Foto-Diode derart als Mischerelement betrieben, dass neben einer hochfrequenten Modulation der Kathodenseite ($U_K = U_0 + u_K(t)$) zusätzlich auch die Anodenseite der Diode moduliert ($U_A = u_A(t)$) wird.

Dazu wird in der erfindungsgemäßen Vorrichtung, beispielsweise nach dem in der DE 198 11 550 C2 offenbarten Verfahren eine zur optischen Modulationsfrequenz f_M dicht benachbarte Frequenz ($f_M + \Delta f$) erzeugt. Diese Frequenz ($f_M + \Delta f$) wird in einem Modulator 64 der Versorgungsspannung (Vorspannung) U_0 der Diode kathodenseitig aufmoduliert. Während bei bekannten Geräten nur die Kathodenspannung U_K der Diode moduliert wird, ist in der erfindungsgemäßen Vorrichtung auch die Anodenspannung U_A der Diode mit dem invertierten Signal $u_A(t) = -u_K(t)$ der modulierenden Kleinsignalspannung der Kathodenseite moduliert. Der Modulator 64 stellt über entsprechende Verbindungsleitungen 65 neben der modulierenden Kathodenspannung $u_K(t)$ auch die Anodenspannung $U_A = u_A(t)$ für die Diode zur Verfügung. Diese beiden Spannungen sollten möglichst entgegengesetzte Polarität und gleiche Amplitude besitzen.

Figur 2 zeigt eine schematisierte Schaltungsanordnung zur erfindungsgemäßen Modulation des Messempfängers eines Entfernungsmessgerätes. Auf die Avalanche-Fotodiode 62 der Empfangseinrichtung 54 fällt die vom Zielobjekt reflektierte, bzw. gestreute Messstrahlung 44 ein und wird durch die Diode in ein elektrisches Signal transformiert. Erfindungsgemäß wird die Avalanche-Foto-Diode kathodenseitig mit einer Modulationsspannung $u_K = u_K(t)$ moduliert, während gleichzeitig die Anodenseite der Fotodiode mit einer betragsmäßig möglichst gleichen, in ihrer Polarität aber invertierten Modulationsspannung $u_A = u_A(t) = -u_K(t)$ moduliert wird. Zwischen dem, die modulierende Kathodenspannung $u_K(t)$ sowie die Anodenspannung $u_A(t)$ zur Verfügung stellenden Modulator 64 und der Fotodiode 62 ist im Ausführungsbeispiel der Figur 2 jeweils ein Anpassnetzwerk 66 bzw. 68 vorgesehen. Diese Anpassnetzwerke 66 und 68 sind optional und können ggf. erforderlich sein, um akzeptable Amplituden für die Modulationsspannungen u_K bzw. u_A im Bereich der notwendigen hohen

Frequenzen zu erzielen bzw. um parasitäre Störeffekte auf den Modulationsspannungen zu kompensieren.

In vorteilhafter Weise liefert der Modulator 64 beide Modulationsspannungen. Dazu
5 können zwei betragsmäßig gleichartige Signale mit einer Phasenverschiebung von 180° erzeugt werden und auf die entsprechenden Elektroden der Diode gegeben werden.

Auf der Ausgangssignalseite der erfindungsgemäßen Fotodiode 62 befinden sich in der
Empfangseinrichtung 54 Tiefpässe 70 bzw. 72. Die Tiefpässe 70 und 72 blockieren die
10 hochfrequenten Signalanteile, insbesondere die hochfrequente Modulationsfrequenz für die Verstärkung der Diode sowie das dem optischen Signal entsprechenden elektrischen Ausgangssignal der Diode und ermöglichen es so, dass lediglich das niederfrequente Mischsignal der weiteren Auswertung zugeführt werden kann. Die Tiefpässe 70 bzw. 72
15 sollten dabei möglichst kleine Impedanzverläufe für die Arbeitsfrequenz aufweisen. In einem sehr einfachen Ausführungsbeispiel können diese Tiefpässe durch einen Widerstand und einen Kondensator realisiert werden.

Ferner weist die erfindungsgemäße Empfangseinrichtung 54 eine Gleichstromspannungsquelle 74 auf, die als DC-Sperrspannungsquelle zur Festlegung
20 bzw. Einregelung des Arbeitspunktes der Fotodiode genutzt wird. Die DC-Sperrspannungsquelle liefert die über der Diode anliegende Spannungsdifferenz U_0 mit der die Photodiode in Sperrrichtung vorgespannt ist. Diesem DC-Signal werden sowohl kathodenseitig als auch anodenseitig die modulierenden Kleinsignalspannungen $u_K(t)$ bzw. $u_A(t)$ überlagert.

Das niederfrequente Mischsignal (Mischprodukt aus elektrischer Modulationsfrequenz
25 an den Elektroden der Fotodiode und der Frequenz der Modulation des optischen Messsignals) wird einem Verstärkerelement 76 zugeführt, welches das die Phaseninformation tragende Mischsignal vor der weiteren Auswertung in gewünschter Weise verstärkt. Die einzelnen Bauelemente der Vorrichtung sind in entsprechender
30 Weise über elektrische Verbindungsleitungen (65) miteinander verbunden.

Die Amplitude des Mischsignals vor der Verstärkung ist im Wesentlichen bestimmt durch die Amplitude des einfallenden optischen Signals sowie durch die Verstärkung in der Fotodiode. Für das Mischen in der Diode ist im Wesentlichen das zeitabhängige
35 Differenzsignal $U_D(t)$ zwischen Kathodenspannung U_K und Anodenspannung U_A

verantwortlich. Das Mischsignal der Diode, welches proportional zu $U_D(t)$ ist, ergibt sich für die erfindungsgemäße Vorrichtung demnach zu:

$$U_D(t) = U_A(t) - U_K(t) = u_A(t) - u_K(t) = 2 u_A(t) - 2 u_K(t)$$

5

Mit der erfindungsgemäßen Modulation sowohl der Kathoden- als auch der Anoden-Seite der frequenzmischenden Avalanche-Diode benötigt man demnach nur die halbe Modulationsamplitude gegenüber einer reinen Kathodenmodulation. Dies ist insbesondere im Bereich höherer und höchster Messfrequenzen des optischen Signals von Vorteil. Da die Modulationsfrequenz der Verstärkung der Fotodiode möglichst nahe bei der (hohen) Modulationsfrequenz des optischen Messsignals liegen sollte, benötigt ein solches System entsprechend hohe Leistung für die elektronischen Frequenztreiber. Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist es daher möglich, aufgrund der reduzierten Anforderungen an die notwendige Modulationsamplitude auch die Treiberleistung entsprechend zu senken.

15

Darüber hinaus verringert sich ebenfalls, die einen Verlustmechanismus darstellende Abstrahlung des Detektionssystems auf $\frac{1}{4}$ des Wertes, der sich bei einer herkömmlichen Modulation lediglich der Kathodenseite einstellt. Die Empfangseinrichtung, die mit hinreichender Genauigkeit eine elektrisch kurze Antenne darstellt, besitzt eine Abstrahlung, die quadratisch mit der Amplitude der Modulation steigt, so dass durch die Halbierung der Modulationsamplitude eine deutliche Reduzierung der Abstrahlung ermöglicht wird.

20

Gleichtaktstörungen, die in gleicher Weise im Anoden-, wie auch im Kathodenpfad auftreten, werden bei dem erfindungsgemäßen Verfahren nicht mehr mitgemischt und können somit auch keine Messwertverfälschung nach sich ziehen. Dazu ist es erforderlich, dass die modulierende Kathodenspannung $u_K(t)$ sowie die Anodenspannung $u_A(t)$ möglichst exakt entgegengesetzte Polarität und gleiche Amplituden besitzen. Je besser diese Bedingung erfüllt ist, desto besser funktioniert die Schaltung und desto sauberer lassen sich Gleichtaktstörungen des Messsystems eliminieren.

25

30

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren bzw. der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens ist es möglich, die Mischeffizienz bei der

35

Frequenztransformation in den niederfrequenten Bereich auch bei höheren Modulationsfrequenzen zu gewährleisten. Damit ist die Verwendung höherer Modulationsfrequenzen für das optische Messsignal und damit einhergehend eine höhere Messgenauigkeit für ein Entfernungsmessgerät möglich. Darüber hinaus ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren, die vom zugehörigen Messgerät emittierte Störstrahlung zu verringern und Störeinflüsse auf die Empfangseinheit des Messgerätes besser zu unterdrücken.

Das erfindungsgemäße Verfahren sowie die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens sind nicht auf das in den Zeichnungen beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt.

Ansprüche

1. Verfahren zur optischen Distanzmessung, bei dem zumindest eine Sendeeinheit eines Sendeastes (14) eines Messgerätes (10) modulierte Messstrahlung (16,36) in Richtung auf ein Zielobjekt (20) aussendet, und die vom Zielobjekt (20) rücklaufenden Messstrahlung (17,44) im Messgerät (10) von mindestens einer, in einem Empfangsast (18) des Gerätes (10) vorhandenen Messdiode (62) detektiert wird und einer Steuer- und Auswerteeinheit (58) des Messgerätes zugeführt wird, wobei die mindestens eine Messdiode (62) des Empfangsastes (18) auch als frequenzmischendes Bauelement zur Transformation eines auszuwertenden Messsignales genutzt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass neben der kathodenseitigen Spannung U_K ($U_K = U_0 + u_K(t)$) der Messdiode (62) auch eine anodenseitige Spannung U_A der Messdiode (62) moduliert wird ($U_A = u_A(t)$).
2. Verfahren zur optischen Distanzmessung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anodenspannung U_A mit der invertierten, modulierenden Kathodenspannung ($-u_K(t)$) moduliert wird ($U_A = u_A(t) = -u_K(t)$).
3. Verfahren zur optischen Distanzmessung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die modulierende Kathodenspannung $u_K(t)$ und die modulierende Anodenspannung $u_A(t)$ von einem gemeinsamen Modulator (64) generiert werden.
4. Vorrichtung zur optischen Distanzmessung, mit zumindest einem Sendeast (14) mit mindestens einem Sender (22,24) zur Aussendung modulierter Messstrahlung (16,36) in Richtung auf ein Zielobjekt (20), und mit mindestens einem Empfangsast (18) mit zumindest einem Messempfänger (54) zum Empfang der vom Zielobjekt (20) rücklaufenden Messstrahlung (17,44), wobei der Messempfänger (54) mit einer als Frequenzmischerelement dienenden Photodiode (62) versehen ist, sowie mit einer Steuer- und Auswerteeinheit (58) zur Ermittlung der Distanz der Vorrichtung (10) zum Zielobjekt (20), **dadurch gekennzeichnet**, dass eine an der Diode (62) anliegende Diodenvorspannung sowohl kathodenseitig, als auch anodenseitig moduliert ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die, die Anodenseite modulierende Anodenspannung $u_A(t)$ im Wesentlichen gleich der invertierten, die Kathodenseite der Diode modulierenden Kathodenspannung $u_K(t)$ ist ($u_A(t) = -u_K(t)$).

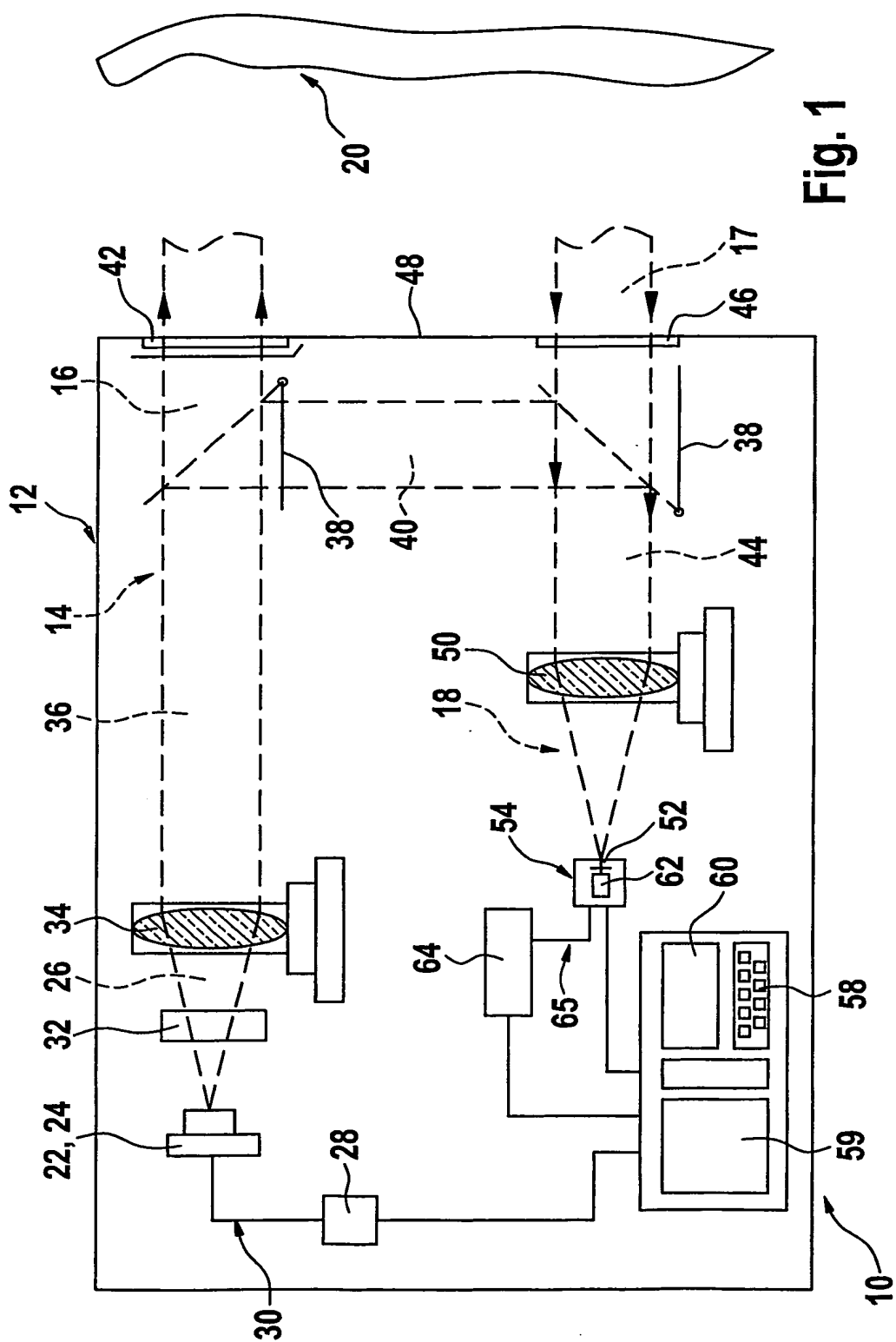
6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung einen Modulator (64) aufweist, mit dessen Hilfe sowohl die modulierende Kathodenspannung u_K , als auch die modulierende Anodenvorspannung u_A generierbar sind.

5

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen dem Modulator (64) zur Erzeugung der modulierenden Kathoden- beziehungsweise Anodenspannung und der als Mischerelement genutzten Diode (62) elektrische Verbindungsmittel (65) vorgesehen sind, die zumindest ein Anpassnetzwerk (66,68) aufweisen.

10

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Photodiode (62) eine Avalanche-Photodiode ist.



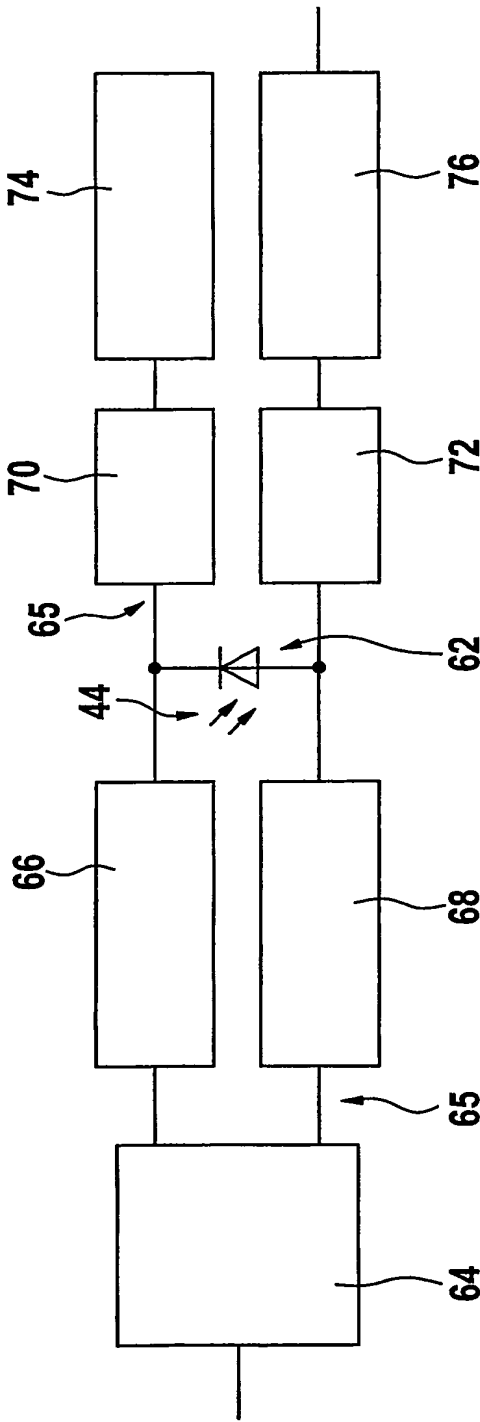


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/D/01523

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 G01C3/06 G01S17/32

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01C G01S H03K G01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 198 11 550 A (BOSCH GMBH ROBERT) 23 September 1999 (1999-09-23) cited in the application Das ganze Dokument ---	1,4
Y	US 5 455 670 A (PAYNE JOHN M ET AL) 3 October 1995 (1995-10-03) column 5, line 36 -column 7, line 18; figures 3-11 column 9, line 47 -column 10, line 35 ---	1,4
A	DE 196 43 287 A (LEICA AG) 23 April 1998 (1998-04-23) column 3, line 1 -column 3, line 53; figure 1 column 4, line 30 -column 5, line 23 --- -/--	1-8



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

* & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 September 2003

Date of mailing of the international search report

06/10/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Fourrichon, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE/01523

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 745 437 A (FISHER WALTER G ET AL) 28 April 1998 (1998-04-28) Das ganze Dokument -----	1,4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE/01523

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19811550	A	23-09-1999	DE 19811550 A1	23-09-1999
			GB 2336493 A ,B	20-10-1999
			JP 11352227 A	24-12-1999
US 5455670	A	03-10-1995	NONE	
DE 19643287	A	23-04-1998	DE 19643287 A1	23-04-1998
			AT 195588 T	15-09-2000
			AU 719134 B2	04-05-2000
			AU 4867897 A	15-05-1998
			DE 59702217 D1	21-09-2000
			WO 9818019 A1	30-04-1998
			EP 0932835 A1	04-08-1999
			JP 2000505901 T	16-05-2000
			JP 3161738 B2	25-04-2001
			KR 2000052660 A	25-08-2000
			US 6463393 B1	08-10-2002
US 5745437	A	28-04-1998	US 5889490 A	30-03-1999

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationaler Aktenzeichen

PCT/DE/01523

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 G01C3/06 G01S17/32

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 7 G01C G01S H03K G01M

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
 EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 198 11 550 A (BOSCH GMBH ROBERT) 23. September 1999 (1999-09-23) in der Anmeldung erwähnt Das ganze Dokument ---	1,4
Y	US 5 455 670 A (PAYNE JOHN M ET AL) 3. Oktober 1995 (1995-10-03) Spalte 5, Zeile 36 -Spalte 7, Zeile 18; Abbildungen 3-11 Spalte 9, Zeile 47 -Spalte 10, Zeile 35 ---	1,4
A	DE 196 43 287 A (LEICA AG) 23. April 1998 (1998-04-23) Spalte 3, Zeile 1 -Spalte 3, Zeile 53; Abbildung 1 Spalte 4, Zeile 30 -Spalte 5, Zeile 23 --- -/-	1-8

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

26. September 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

06/10/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Fourrichon, P

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationaler Aktenzeichen

PCT/DE/01523

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 745 437 A (FISHER WALTER G ET AL) 28. April 1998 (1998-04-28) Das ganze Dokument -----	1,4

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE/99/01523

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19811550 A	23-09-1999	DE 19811550 A1	23-09-1999
		GB 2336493 A , B	20-10-1999
		JP 11352227 A	24-12-1999
US 5455670 A	03-10-1995	KEINE	
DE 19643287 A	23-04-1998	DE 19643287 A1	23-04-1998
		AT 195588 T	15-09-2000
		AU 719134 B2	04-05-2000
		AU 4867897 A	15-05-1998
		DE 59702217 D1	21-09-2000
		WO 9818019 A1	30-04-1998
		EP 0932835 A1	04-08-1999
		JP 2000505901 T	16-05-2000
		JP 3161738 B2	25-04-2001
		KR 2000052660 A	25-08-2000
		US 6463393 B1	08-10-2002
US 5745437 A	28-04-1998	US 5889490 A	30-03-1999

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.